대한척추외과학회지 제7권 제1호
Journal of Korean Spine Surg.
Vol. 7, No. 1, pp 100~105, 2000

요추 척추관 협착증의 병태생리

이 환 모

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

Pathophysiology of Lumbar Spinal Stenosis

Hwan-Mo Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

요추 척추관 협착증은 어떠한 원인에 의해서든지 중앙의 척추관, 신경근이 주행하는 후관절의 전내측에 있는 신경근관 또는 추간공이 좁아져서 요통이나 하지에 여러 가지 복합된 신경증상을 일으키는 질환이다[2]. 특징적인 증상은 요통과 하지의 간헐적 파행이나 대부분 환자들의 활동을 제한하는 것은 간헐적 파행이다. 간헐적 파행은 DeJerine에[10] 의해 처음으로 기술된 이래 여러 저자에 의해 보고되었으나,[4, 26] 1954 Verbiest가[27] 처음으로 척추관의 구조적 협착이 마미를 압박하여 간헐적 파행을 일으킬 수 있다고 하였다. 본 장에서는 요추 척추관 협착증의 주된 증상인 간헐적 파행의 병태생리에 대하여 살펴 보기로 한다.

발달성 척추관 협착

신경성 파행은 척추관 협착증과 동의어로 쓰일 정도로 흔히 나타나는 증상이나, 척추관이 좁아진 모든 사람에서 신경성 파행이 나타나는 것은 아니다. 척추관의 전후 직경은 제 1요추부터 제 4요추까지는 생후 1년째 성인의 크기에 도달하며 제 5요추는 6세 때 성인의 크기와 같게 된다[18]. 이와 같이 요추부 척추관의 크기는 이미 유년기에 성인의 크기에 도달하므로 태아나 유년기의 영양상태는 척추관 협착을 결정하는 중요한 요소가 된다. 그러나 척추관 협착증의 증상은 대부분 중년 이후 나타나며, 나이가 들수록 골성 척추관 자체가 좁아진다는 뚜렷한 증거가 없고, 60세 이후의 아무 증상이 없는 사람들에서도 자기공명영상 사진상 21%에서 척추관협착증이 있는 것으로 보아[6] 발달성 척추관협착 이외에 다른 요소들이 신경성 파행의 발생과 연관 있다고 생각할 수 있다.

퇴행성 척추관 협착

신경성 파행을 주소로 내원하는 척추관 협착증 환자 중 많은 경우가 오랜 세월 육체노동이나 농촌 생활을 한 사람들인 것으로 미루어 보아 장기간 육체노동으로 인하여 누적된 기계적 자극이 요추의 다분절 퇴행성 병적 변화에 중요한 역할을 한다고 생각할 수 있다. 이런 현상은 주로 사무직에 종사하는 환자에서 나타나는 단분절의 퇴행성 변화와 비교가 되며 이외에 황색인대의 비후나 골화등이 퇴행성 척추관 협착과 연관관계가 있다[15,16,21].

척추전위

척추궁이나 협부의 결손없이 척추의 전위가 일어나면 척추관의 협착이 발생한다. 그러므로 퇴행성 척

Address reprint requests to
Hwan-Mo Lee, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine
#134 Shinchon-dong, Sodaemum-ku, Seoul, 120-752, Korea
Tel : 82-2-361-5648, Fax : 82-2-363-1139, E-mail : hwanlee@yumc.yonsei.ac.kr

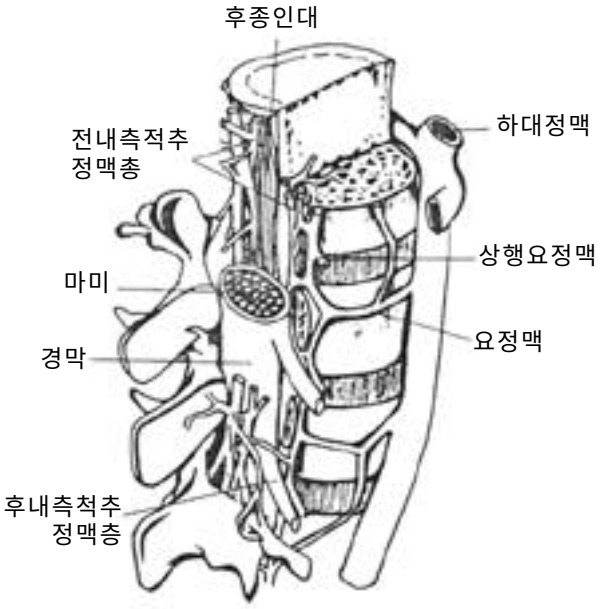

Fig. 1. Venous plexus in the spinal canal and its relationship with great veins

추 전위증은 전위부위에서 척추관의 면적을 감소키시며 이것은 바로 경막내 신경근의 압박을 초래한다. 퇴행성 척추전위증은 남자보다 여자에서 흔하게 일어나며 원인으로는 후방관절의 시상면 위치나[7] 후방관절 연골의 estrogen 수용체 발현등이 있다[1]. 비록 퇴행성 척추 전위증이 여자에서 흔하나 일부에서만 신경성 파행이 나타나며, 편측 증상이 주로 생기는 것으로 보아 퇴행성 척추전위도 신경성 파행의 여러 원인 중 일부라고 볼 수 있다.

신경기능의 이상

척추관 협착에 의한 신경성 파행의 특징은 보행시 증상이 나타나는 것이다. 안정시에는 증상이 없다가 보행 또는 기립시 증상이 나타난다는 점은, 하지의 운동시 마미의 신경기능이 적절치 못하다는 증거이며 이는 마미신경총에 대한 불충분한 산소공급이나 신경근의 노폐물 누적에 의한 신경기능 이상이라 할 수 있다. 많은 동물실험을 통하여 마미신경총이 높은 압력에서(200㎜Hg) 오랜 시간동안(2시간 이상) 압박을 받으면 신경기능에 불가역적인 변화가 나타난다고 알려져 있으나[17,20], 이러한 동물에서의 신경기능 변화가 인체의 척추관 협착증에서 만성적인 신경근 압박과 신경성 파행의 증상관계를 설명하지는 못한다.

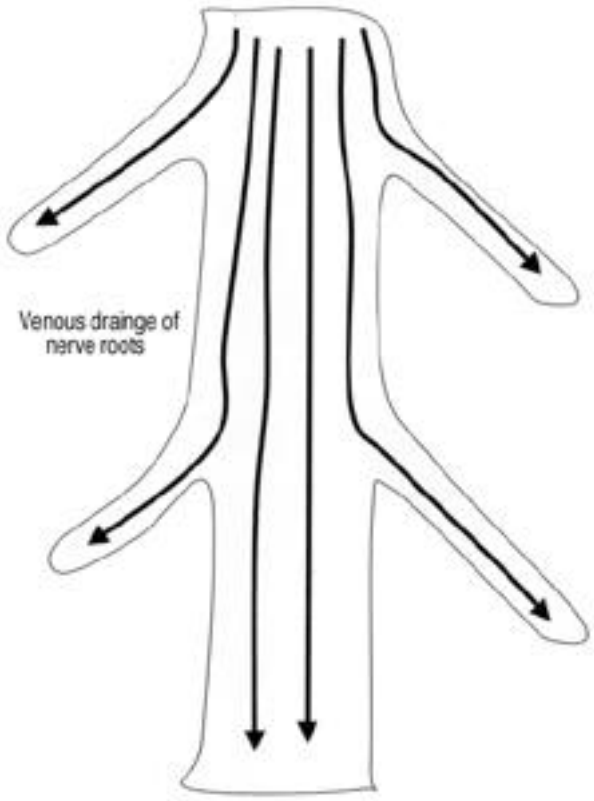

Fig. 2. Diagram showing normal venous drainage of nerve roots. The veins of the roots drain distally to the foramen.

척추관의 정맥혈류관계

척추의 정맥혈류관계는 기본적으로 요동맥은 정맥을 동반하며 정맥혈은 대정맥과 양측 총장골정맥으로 유입된다. 척추관 내의 정맥은 전방 및 후방 내척추 정맥총을 통해서 상행 요정맥 분지로 들어가고 이것은 다시 요정맥을 통하여 하대정맥으로 유입된다(Fig. 1). 일반적으로 척추관내에서 정맥은 원위부 방향으로 유입되나(Fig. 2), 단분절 협착이 있으면 협착부의 근위부에서는 정맥혈이 근위부의 신경근쪽으로 유입되므로 전체적인 마미신경근의 울혈현상은 일어나지 않는다(Fig. 3).

단분절의 중심성 척추관 협착

단분절의 척추관 협착으로 인한 신경근 압박시에는 일반적으로 신경성 파행이 일어나지 않는다. 임상적으로 보면 서서히 자라는 space occupying lesion으

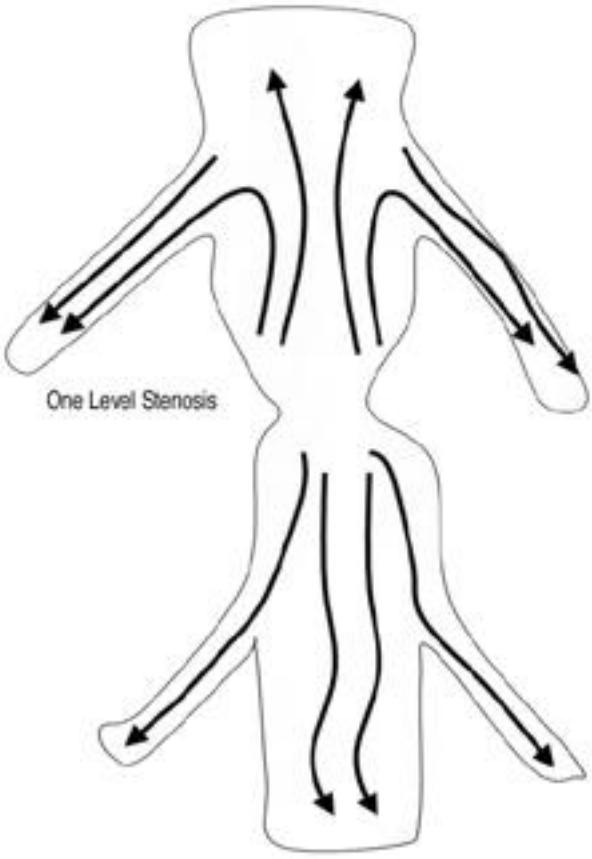

Fig. 3. Diagram showing one level central stenosis. If the veins of the roots blocked, the veins drain proximally to the conus causing no venous congestions.

로 인한 척추관의 협착시 신경성 파행보다는 병변의 해당 부위에 따른 신경학적 증상이 나타나고 추간판 탈출증으로 인한 마미증후군시에도 파행보다는 불완전 마비 같은 신경증상을 주로 호소한다.

동물실험에서 보면 개의 마미신경총 부위에서 경막낭의 50%가 압박되어도 신경증상이 나타나지 않으며[11] 증상이 없는 사람들에서도 요추부자기공명영상을 촬영하면 흔히 척추관 협착을 관찰할 수 있다[6].

신경관 협착

단분절의 중심성 척추관 협착이 신경성 파행의 원인이 되지 않는다면 외측의 함요부나 신경관 부위의 협착이 신경성 파행의 원인이 될 수 있으며 이의 중요성에 대한 보고도 있으나[8,9] 다른 부위의 협착 없이 단순한 외측 함요나 신경관의 협착으로 인한 신경근 압박시에는 증상이 없거나, 신경근 포착에 의한

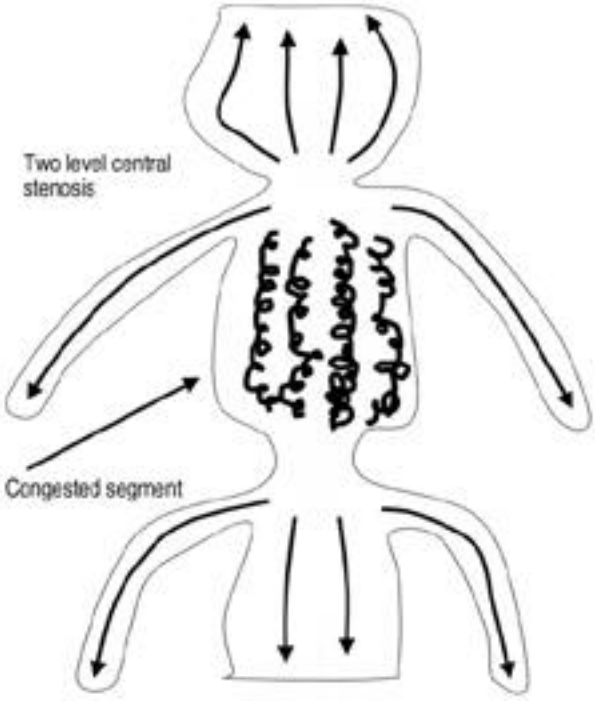

Fig. 4. Diagram showing how a double-level central canal stenosis will cause venous pooling of the cauda equina in the intervening segment (a situation often present in bilateral claudication).

증상이 주로 나타나고, 신경성 파행이 있는 환자에서는 중심성 척추관 협착과 신경관의 협착이 같이 있는 경우를 흔히 볼수 있다. 그러므로 신경성파행의 병태생리는 다분절의 척추관 또는 신경관 협착 병변으로 설명할 수 있다.

다분절 협착

1992년 Porter와 Ward는[19] 50명의 신경성 파행환자의 요추부 척수강 조영술과 전산화 단층 촬영을 조사하여 47명에서 다분절 협착이 있음을 보고하였다. 이와같이 다분절의 척추관 협착은 신경성 파행을 호소하는 환자들에서 흔히 볼 수 있는 소견이다.

척추관의 정맥혈류관계에서 알 수 있듯이 단분절의 협착은 정맥울혈 상태를 초래하지 않으나(Fig. 3), 다분절에서 협착이 발생하면 협착 사이 부분에서는 신경근의 정맥울혈 상태가 발생하며 이에 따라 역으로 동맥혈의 공급이 저하되면서 신경근 부위에 산소 및 영양공급 차단과 함께 대사산물(metabolite)의 축적이 일어나게 된다. 돼지를 이용한 동물실험에서도 10㎜Hg압력으로 단분절 척추관 협착을 일으키면 신

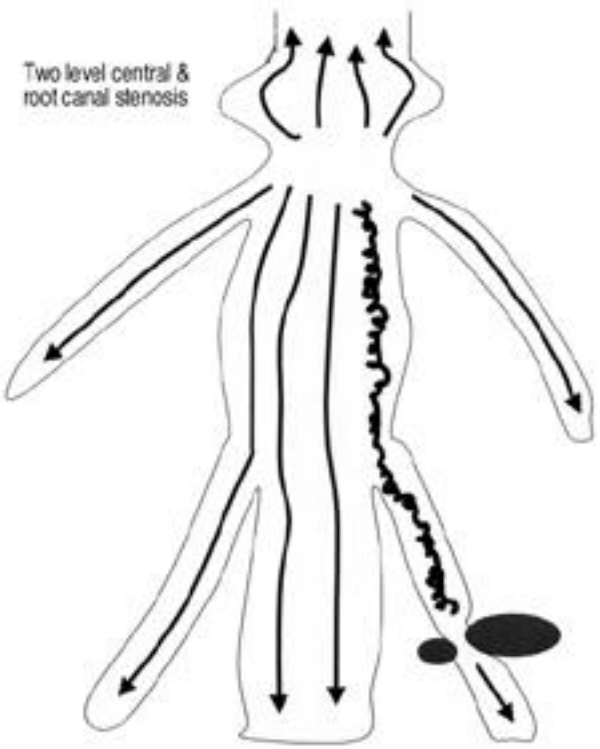

Fig. 5. Diagram showing how a central canal stenosis and a more distal root canal stenosis will cause venous congestion of a single root (a situation often present in unilateral claudication).

경근의 기능에 이상이 없으나, 같은 압력으로 이분절 협착을 일으키면 혈류량이 60%이상 감소하였으며, 신경근 전도 속도와 단백이동도 감소하였다[17,25].

이분절 협착시 협착사이부의 신경근 울혈현상으로 신경성 파행이 생기나 임상적으로는 편측 혹은 양측 하지의 파행을 호소하는 경우로 나누어진다. 양측 하지의 파행을 호소하는 경우는 이분절 모두 중심성 협착으로 인한 여러 신경근 다발의 울혈현상으로 생기나(Fig. 4), 편측하지의 파행인 경우는 근위부중심성 협착 및 원위부의 신경관 협착이 동반한 경우다(Fig. 5). 원위부 신경관 협착으로 인한 편측 신경근의 울혈현상은 반대측에는 영향을 끼치지 않으므로 증상이 편측으로 나타난다고 할 수 있다.

척추관 면적 및 압력

요추부 척추관의 면적은 굴곡, 신전 자세에 따라 달라진다. 대부분 환자들이 신전 상태에서는 증상이 악화되는 것을 호소하며 굴곡시에는 증상이 완화된다. 요추부 척추관의 면적은 중립상태와 비교할 때 신전시 15%~50%감소하며, 신경관의 면적은 12%-27%감소한다[12,28]. 이런 자세에 따른 면적의 변화로 인하여 척추관의 압력도 변하여 앙와위 시에는 압력이 평균 18.0㎜Hg이지만 기립중립자세시 66.9㎜Hg로 증가하고 특히 기립신전자세에서는 압력이 116.5㎜Hg로 증가하나 굴곡을하면 27.3㎜Hg로 감소한다[23].

보행에 따라서 척추관의 압력도 변하며 신경성 파행이 있는 환자에서 정상인보다 보행시 척추관의 압력이 증가한다[22]. 그러므로 요추부 척추관 협착증 환자가 보행시 파행을 호소하는 것은 보행 및 자세에 따른 척추관 압력의 증가가 요인이 됨을 알 수 있다.

신경근 동맥혈의 공급부전

신경성 파행은 보행에 따른 동맥혈의 혈류역학과도 연관이 된다. 일반적으로 혈관성 파행은 하지로 가는 동맥의 폐쇄에 의한 하지 동맥혈의 공급부전으로 알려져 있다. 그러나 신경성 파행의 경우 하지의 동맥 혈류는 정상이며 근육의 허혈 현상은 없다[14].

척추 신경근의 동맥 혈류양은 하지의 운동 뿐만 아니라, 단순한 하지 말초신경의 자극에도 증가하는 것으로 알려져 있다[5,24]. 그러므로 정상적으로 마미신경총의 세동맥은 하지의 운동과 함께 확장하나 척추관 협착시에는 확장이 되지 않으며 정맥의 압력이 증가하게 되고, 국소적으로 발생하는 신경근의 부종은 정맥차단을 더 악화시켜 세동맥을 통한 혈류의 공급이 감소된다.

동물실험에서도 마미신경총의 혈류량은 압박이 없을 때는 하지의 신경자극시 300% 이상 증가하며 30분이상 지속되었으나, 이분절 압박시에는 혈류량의 증가와 지속시간이 5분이상 계속되지 못하였다[3]. 그러므로 다분절 척추관 협착시 발생하는 파행은 하지의 운동시 신경근으로의 동맥혈 공급이 원활하여야 하나, 정맥압력의 증가로 인한 동맥혈의 불충분한 공급으로 발생한 하지의 motor activity 실패에 기인한다. 그러므로 이런 현상은 동맥경화증이 빈발하는 노년층에서 자주 발생한다고 알려져 있으며[13], 그 이유는 마미 신경총의 동맥경화증이 하지 운동시 발생하는 정맥 울혈에 의한 혈류 공급 감소 현상을 악화시키기 때문이다. 또한 보행 등의 하지 운동시 하지로 공급되는 동맥혈이 증가됨으로 인한 정맥혈류의 증가는 골반내 정맥의 압력 상승을 초래한다. 척추관내 정맥은 총장골 정맥과 대정맥으로 유입되므로 골반내 정맥과 Batson 정맥총의 압력증가는 역으로 척추

관내 정맥의 압력증가를 유발하여 마미 신경총의 혈류장애를 악화시킨다.

요 약

현재까지 연구결과에 의하면 척추관협착증에 의한 신경성 파행은 다분절 협착으로 발생하며 협착 위치에 따라 양측 및 편측으로 증상이 발현한다. 이 분절 이상 중심성 협착시에는 양측 파행이 나타나며, 근위부의 중심성 협착과 원위부의 신경관 협착시에는 편측 파행으로 나타난다. 이러한 협착이 있어도 안정시에는 증상이 나타나지 않지만 보행시 직접적인 협착부위의 압력증가와 하지 정맥혈류 증가에 의한 척추관내 압력상승으로 신경총의 동맥혈 공급이 원활치 못하여 발생한 신경전도의 기능이상으로 신경성 파행의 증상이 나타난다고 할 수 있다.

REFERENCES

1) 하기용, 장정호 : ***후방관절 연골의 Estrogen 수용체의 발현이 퇴행성변화와전위에미치는영향***. ***대한척추외과학회지****6:1-7, 1999.*

2) **Arnoldi CC, Brodsky AE, Cauchoix J, Crock HV, Dommisse GF and Edgar MA** : *Lumbar spinal stenosis and nerve root entrapment syndromes. Definition and classification. Clin Orthop, 115:4-5, 1976.*

3) **Baker AR, Collins TA, Porter RW and Kidd C** : *Laser doppler study of porcine cauda equina blood flow. The effect of electrical stimulation of the rootlets during single and double site, low pressure compression of the cauda equina. Spine, 20:660-664, 1995.*

4) **Bergmark G** : *Intermittent spinal claudication. Acta Med Scand Suppl, 246:30-36, 1950.*

5) **Blau JN and Ruthworth G** : *Observation of blood vessels of the spinal cord and their responses to motor activity. Brain, 81:354-363, 1958.*

6) **Boden SD, Davis DO, Dina TS et al** : *Abnormal magnetic resonance scans of the lumbar spine in a symptomatic subject. J Bone Joint Surg, 72A:403-408, 1990.*

7) **Boden SD, Riew KD, Yamaguchi K, Branch TP, Schellinger D and Wiesel SW** : *Orientation of the lumbar facet joints : association with degenerative disc disease. J Bone Joint Surg, 78A:403-11, 1996.*

8) **Bose K and Balasybramaniam P** : *Nerve root canals of the lumbar spine. Spine, 9:16-18, 1984.*

9) **Ciric I, Michael MA, Tarkington JA, Vick NA** : *The lateral recess syndrome. A variant of spinal stenosis. J Neurosurg, 53:433-43, 1980.*

10) **DeJerine J** : *La claudication intermittente de la molle epiniere. Presse Med 19:981, 1911.*

11) **Delamarter RB, Bohlman HH, Dodge LD and Biro S** : *Experimental lumbar stenosis. J Bone Joint Surg, 72A : 110-120, 1990.*

12) **Inufusa A, An HS, Lim TH, Hasegawa T, Haughton VM, Nowicki BH** : *Anatomic changes of the spinal canal and intervertebral foramen associated with flexion-extension movement. Spine, 21:2412-20, 1996.*

13) **Johansson JE, Barrington TW and Amelie M** : *Combined vascular and neurogenic claudication. Spine, 7:150-158, 1992.*

14) **Keenan GF, Ashcroft GP, Roditi GH et al** : *Measurement of lower limb blood flow in patients with neurogenic claudication using positron emission tomograph. Spine, 20:408-411, 1995.*

15) **Kurihara A, Tanaka Y, Tsumura N and Iwasaki Y** : *Hyperostotic lumbar spine stenosis. Spine, 13:1308-1316, 1988.*

16) **Miyamoto S, Takaoka K, Yonenobu K and Ono K** : *Ossification of the ligamentum flavum induced by bone morphogenetic protein. J Bone Joint Surg, 74B:279-283, 1992.*

17) **Olmarker K, Holm S and Rydevik B** : *Single versus double level nerve root compression. Clin Orthop, 279:35-39, 1992.*

18) **Papp T and Porter RW** : *The growth of lumbar vertebral canal. Spine, 19:2270-2273, 1994.*

19) **Porter RW and Ward D** : *Cauda equina dysfunction. The significance multiple level pathology. Spine, 17:9-15, 1992.*

20) **Rydevik B, Pedowitz RA, Hargens AR et al** : *Effects of acute, graded compression on spinal nerve root function and structure. Spine, 16:487-493, 1991.*

21) **Schonstron NR and Hansson JH** : *Thickness of the human ligamentum flavum as a function of load. An in vitro experimental study. Clin Biomech, 6:19-24, 1991.*

22) **Takahashi K, Kagechika K, Takino T, Matsui T, Miyazaki T and Shima I** : *Changes in epidural pressure during walking in patients with lumbar spinal stenosis. Spine, 20:2746-9, 1995.*

23) **Takahashi K, Miyazaki T, Takino T, Matsui T and Tomita K** : *Epidural pressure measurements. Relationship between epidural pressure and posture in patients with lum-*

bar spinal stenosis. Spine, 20:650-3, 1995.

24) **Takahashi K, Nomura S, Tomita K and Matsumoto T** : *Effects of peripheral nerve stimulations on the blood flow of the spinal cord and the nerve root. Spine, 13:1278-1283, 1988.*

25) **Takahashi K, Olmarker K, Holm S, Porter RW and Ryderik B** : *Double level cauda equina compression : an experimental study with continuous monitoring of intraneural blood flow in the porcine cauda equina. J Orthop Res, 11:104-109, 1993.*

26) **Van Gelderen C** : *Ein Orthotisches(lordotisches) Kau - dasyndrom. Acta Psychatr Neurol, 23:57-68, 1948.*

27) **Verbiest H** : *A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. J Bone Joint Surg, 36B:230, 1954.*

28) **Zamari AA, Moriarty T, Hsu L et al** : *Functional MRI of the lumbar spine in erect position in a superconducting open-configuration MR system. Preliminary results. J Mag Reso Imag, 8:1329-33, 1998.*